

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2007-523497

(P2007-523497A)

(43) 公表日 平成19年8月16日(2007.8.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/82 (2006.01)	HO 1 L 21/82 F	5 F O 3 3
HO 1 L 21/3205 (2006.01)	HO 1 L 21/88 S	5 F O 6 4
HO 1 L 23/52 (2006.01)		

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 19 頁)

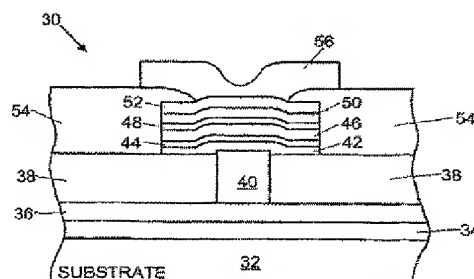
(21) 出願番号	特願2006-554319 (P2006-554319)	(71) 出願人	591099555
(86) (22) 出願日	平成17年2月22日 (2005.2.22)		アクテル・コーポレーション
(85) 翻訳文提出日	平成18年8月30日 (2006.8.30)		アメリカ合衆国・カリフォルニア・940
(86) 国際出願番号	PCT/US2005/005749		43-4655・マウンテン・ビュー・ス
(87) 国際公開番号	W02005/081976		ティアリン・コート・2061
(87) 国際公開日	平成17年9月9日 (2005.9.9)	(74) 代理人	100064908
(31) 優先権主張番号	10/784, 903		弁理士 志賀 正武
(32) 優先日	平成16年2月20日 (2004.2.20)	(74) 代理人	100089037
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 渡邊 隆
		(74) 代理人	100108453
			弁理士 村山 靖彦
		(74) 代理人	100110364
			弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 炭素含有アンチヒューズ材料を使用した再プログラム可能な金属-金属間のアンチヒューズ

## (57) 【要約】

金属-金属間のアンチヒューズが集積回路内の2つの金属相互接続層の間に配置される。下側のバリア層はTiから形成される。下側の付着力促進層は下側のTiバリア層の上に配置される。アモルファス炭素、および、水素およびフッ素の少なくとも1つによりドーパされたアモルファス炭素のうち少なくとも1つを有するグループから選択されたアンチヒューズ材料層が、下側の付着力促進層上に配置される。上側の付着力促進層がアンチヒューズ材料層の上に配置される。上側のTiバリア層が上側の付着力促進層の上に配置される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】

下側のTiバリア層と、  
前記下側のTiバリア層の上に配置された下側の付着力促進層と、  
下側のTiバリア層の上の前記下側の付着力促進層の上側の表面上に配置されるアンチヒューズ材料層であって、アモルファス炭素、または、水素およびフッ素の少なくとも1つによりドーパされたアモルファス炭素、のうち少なくとも1つを有するグループから選択され、前記下側の付着力促進層の上に配置されたアンチヒューズ材料層と、  
前記アンチヒューズ材料層の上に配置された上側の付着力促進層と、  
前記上側の付着力促進層の上に配置された上側のTiバリア層と、  
を有することを特徴とする再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項2】

前記下側の付着力促進層と前記上側の付着力促進層は、それぞれ約2オングストロームから約20オングストロームの厚さを持つことを特徴とする請求項1に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項3】

前記下側の付着力促進層と前記上側の付着力促進層は、SixCyおよびSixNyを有するグループから選択された材料からなることを特徴とする請求項1に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項4】

前記下側の付着力促進層と前記上側の付着力促進層はSixCyを有することを特徴とする請求項3に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項5】

前記SixCyにおけるx対yの比が約1+/-0.4の範囲にあることを特徴とする請求項4に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項6】

前記下側の付着力促進層と前記上側の付着力促進層はSixNyを有すること

【請求項14】

前記アンチヒューズ材料層は、約1原子百分率から約40原子百分率の濃度範囲の水素でドーパされたアモルファス炭素を有することを特徴とする請求項1に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項15】

前記アンチヒューズ材料層は、約50オングストロームから約500オングストロームの厚さを持つことを特徴とする請求項14に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項16】

前記アンチヒューズ材料は厚さが約50オングストロームから約500オングストロームであり、前記下側の付着力促進層と前記上側の付着力促進層は、それぞれ約2オングストロームから約20オングストロームの厚さを持つことを特徴とする請求項1に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項17】

前記下側の付着力促進層と前記上側の付着力促進層は、SixCyおよびSixNyを有するグループから選択された材料からなることを特徴とする請求項16に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項18】

前記下側の付着力促進層と前記上側の付着力促進層はSixCyを有することを特徴とする請求項17に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項19】

前記SixCyにおけるx対yの比が約1+/-0.4の範囲にあることを特徴とする請求項18に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項20】

前記下側の付着力促進層と前記上側の付着力促進層はSixNyを有することを特徴とする請求項17に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

を特徴とする請求項3に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項7】

前記SixNyにおけるx対yの比が約0.75+/-0.225の範囲にあることを特徴とする請求項6に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項8】

前記下側の付着力促進層と前記上側の付着力促進層は、SixCyおよびSixNyを有するグループから選択された材料からなることを特徴とする請求項2に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項9】

前記下側の付着力促進層と前記上側の付着力促進層はSixCyを有することを特徴とする請求項8に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項10】

前記SixCyにおけるx対yの比が約1+/-0.4の範囲にあることを特徴とする請求項9に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項11】

前記下側の付着力促進層と前記上側の付着力促進層はSixNyを有することを特徴とする請求項8に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項12】

前記SixNyにおけるx対yの比が約0.75+/-0.225の範囲にあることを特徴とする請求項8に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項13】

前記アンチヒューズ材料層は、約50オングストロームから約500オングストロームの厚さを持つアモルファス炭素から形成されることを特徴とする請求項11に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項21】

前記SixNyにおけるx対yの比が約0.75+/-0.225の範囲にあることを特徴とする請求項20に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項22】

前記アモルファス炭素アンチヒューズ材料層は、約1原子百分率から約40原子百分率の水素でドーパされることを特徴とする請求項17に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項23】

下側の金属相互接続層と、  
前記下側の金属相互接続層の上に配置される金属の間の誘電体層であって、異通して形成されかつ金属プラグで満たされたビア(via)を持つ前記金属の間の誘電体層と、  
前記金属プラグの上に配置された下側のTiバリア層と、  
前記下側のTiバリア層の上に配置された下側の付着力促進層と、  
アモルファス炭素から形成され、前記下側の付着力促進層の上に配置されたアンチヒューズ材料層と、  
前記アンチヒューズ材料層の上に配置された上側の付着力促進層と、  
前記上側の付着力促進層の上に配置された上側のTiバリア層と、  
前記上側のTiバリア層上に配置された上側の金属相互接続層と、  
を有することを特徴とする再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

前記金属プラグの上に配置された下側のTiバリア層と、

前記下側のTiバリア層の上に配置された下側の付着力促進層と、  
アモルファス炭素から形成され、前記下側の付着力促進層の上に配置されたアンチヒューズ材料層と、

前記アンチヒューズ材料層の上に配置された上側の付着力促進層と、

前記上側の付着力促進層の上に配置された上側のTiバリア層と、

前記上側のTiバリア層上に配置された上側の金属相互接続層と、

を有することを特徴とする再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項24】

前記下側の付着力促進層と前記上側の付着力促進層は、SixCyおよびSixNyを有するグループから選択された材料からなることを特徴とする請求項23に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

【請求項25】

前記下側の付着力促進層と前記上側の付着力促進層はSixCyを有することを特徴とする請求項24に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

## 【請求項26】

前記 $S_{ix}C_y$ における $x$ 対 $y$ の比が約 $1+\sqrt{-0.4}$ の範囲にあることを特徴とする請求項25に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

## 【請求項27】

前記下側の付着力促進層と前記上側の付着力促進層は $S_{ix}N_y$ を有することを特徴とする請求項24に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

## 【請求項28】

前記 $S_{ix}N_y$ における $x$ 対 $y$ の比が約 $0.75+\sqrt{-0.225}$ の範囲にあることを特徴とする請求項27に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

## 【請求項29】

前記アンチヒューズ材料層は、約50オングストロームから約500オングストロームの厚さを持つことを特徴とする請求項23に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

## 【請求項30】

前記アモルファス炭素アンチヒューズ材料層は、約1原子百分率から約40原子百分率の濃度範囲の水素でドーパされることを特徴とする請求項23に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

## 【請求項31】

前記アモルファス炭素アンチヒューズ材料層は、約50オングストロームから約500オングストロームの厚さを持つことを特徴とする請求項30に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

## 【請求項32】

前記下側の付着力促進層と前記上側の付着力促進層は、 $S_{ix}C_y$ 、 $S_{ix}N_y$ 、 $S_{ix}C_yN_z$ 、 $S_{ix}O_yC_z$ 、および $S_{ix}O_yN_z$ を有するグループから選択された材料からなることを特徴とする請求項23に記載の再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

選択されるようにした段階と、

前記アンチヒューズ材料層の上に上側のTiバリア金属層を形成する段階と、

前記バリア金属層の上に酸化物またはタングステンハードマスク層を形成する段階と、

前記ハードマスク層の上にフォトレジストの層を形成する段階と、

前記ハードマスク層を規定する段階と、

前記フォトレジストを除去する段階と、

前記ハードマスク層をマスクとして使用して、

前記上側のTiバリア層、前記上側の付着力促進層、前記アンチヒューズ材料層、前記下側の付着力促進層、および前記下側のTiバリア金属層をエッチングすることによって、前記アンチヒューズのためのスタックの形状を定義する段階と、

前記スタックの上に絶縁層を形成する段階と、

前記絶縁層にアパーチャを形成する段階と、

前記絶縁層の上および前記アパーチャに金属相互接続層を形成する段階と、

前記金属相互接続層の上に第2のマスク層を形成する段階と、

前記金属相互接続層を規定する段階と、

を有することを特徴とする再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズを製造する方法。

## 【請求項36】

前記アンチヒューズ材料層を形成する段階は、約10nmから約80nmの厚さに前記アンチヒューズ材料層を形成する段階を有することを特徴とする請求項35に記載の方法。

## 【請求項37】

前記Tiバリア金属層を形成する段階は、約25nmから約200nmの厚さに前記Tiバリア金属層を形成する段階を有することを特徴とする請求項35に記載の方法。

## 【請求項38】

前記下側および上側の付着力促進層は基本的に単一層であることを特徴とする

## 【請求項33】

下側のTiバリア層と、

前記下側のTiバリア層の上に配置された下側の $S_{ix}C_y$ 層と、

アモルファス炭素からなり、前記下側の $S_{ix}C_y$ 層の上に配置されたアンチヒューズ材料層と、

前記アンチヒューズ材料層の上に配置された上側の $S_{ix}C_y$ 層と、

上側のTiバリア層と、

を有することを特徴とする再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

## 【請求項34】

下側のTiバリア層と、

前記下側のTiバリア層の上に配置された下側の $S_{ix}N_y$ 層と、

アモルファス炭素からなり、前記下側の $S_{ix}N_y$ 層の上に配置されたアンチヒューズ材料層と、

前記アンチヒューズ材料層の上に配置された上側の $S_{ix}N_y$ 層と、

上側のTiバリア層と、

を有することを特徴とする再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズ。

## 【請求項35】

絶縁層とタングステンプラグを平坦化する段階と、

前記絶縁層と前記タングステンプラグの上に下側のTiバリア層を形成する段階と、

前記下側のTiバリア層の上に下側の付着力促進層を形成する段階であって、前記下側の付着力促進層が $S_{ix}C_y$ および $S_{ix}N_y$ を有するグループから選択されるようにした段階と、

前記下側の付着力促進層の上にアンチヒューズ材料層を形成する段階であって、前記アンチヒューズ材料層が、アモルファス炭素、水素およびフッ素の少なくとも一つによりドーパされたアモルファス炭素、または、アモルファスシリコンカーバイド、を有するグループから選択されるようにした段階と、

前記アンチヒューズ材料層の上に上側の付着力促進層を形成する段階であって、前記上側の付着力促進層が $S_{ix}C_y$ および $S_{ix}N_y$ を有するグループから

請求項35に記載の方法。

## 【請求項39】

前記アンチヒューズ材料層を形成する段階は、アセチレンソースガスから前記アンチヒューズ層を堆積する段階を有することを特徴とする請求項35に記載の方法。

## 【請求項40】

前記アンチヒューズにわたってプログラム電圧を印加し、抵抗が十分に減少するまで前記アンチヒューズを通してプログラム電流を流すことによって、前記アンチヒューズをプログラムする段階と、

前記アンチヒューズにわたって消去電圧を印加することによって前記アンチヒューズを消去する段階であって、前記消去電圧を前記プログラム電圧より低くし、前記アンチヒューズを通して消去電流を流す段階と、

を有することを特徴とする、再プログラム可能な金属—金属間のアンチヒューズをプログラムし、消去するための方法。

## 【請求項41】

前記アンチヒューズにわたってプログラム電圧を印加する段階、および前記アンチヒューズにわたって消去電圧を印加する段階は、いずれも、前記アンチヒューズ材料層の上にさらなる負の値を持った電圧を印加する段階を有することを特徴とする請求項40に記載の方法。

## 【請求項42】

前記プログラム電流は、約100 $\mu A$ から約1mAの範囲にあることを特徴とする請求項40に記載の方法。

## 【請求項43】

前記アンチヒューズをプログラムする段階は、前記アンチヒューズを通してソーク電流を通過させることによって前記アンチヒューズをソーキングする段階をも含むことを特徴とする請求項40に記載の方法。

## 【請求項44】

前記ソーク電流は約5mAの大きさを持つことを特徴とする請求項43に記載の方法。

## 【請求項45】

前記プログラム電流は、約1mA未満であり、前記消去電流と前記プログラム電流の比は、約10:1であることを特徴とする請求項42に記載の方法。

## 【請求項46】

前記プログラム電流は約1mA未満であり、

前記アンチヒューズをプログラムする段階は、約5mA未満の大きさを持ったソーキング電流を流すことによって、前記アンチヒューズをソーキングする段階を含み、

前記消去電流と前記ソーキング電流の比は、約3:1であることを特徴とする請求項40に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明はアモルファス炭素の金属-金属間のアンチヒューズ構造に関わる。特に本発明は、付着層とチタン(Ti)バリア層を使用した再プログラム可能なアモルファス炭素の金属-金属間のアンチヒューズ構造に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

集積電子回路は、製造プロセスの際に設置されるすべての内部接続と共に製造されることが通常である。しかしながら、このような回路の高い開発費と高い製造工具費のために、集積回路が使用する者によって望ましい応用を導入するよう構成されるか、プログラムされるようにすることは有利である。このような回路は、プログラム可能な回路と呼ばれる、そしてこれらの回路のプログラム可能性を供給するために、当技術分野では、アンチヒューズ(anti-fuse)が知られている。アンチヒューズは、一般に絶縁体アンチヒューズ材料層の周りにサンドイッチされた導電性の電極対を有するデバイスである。

## 【0003】

プログラムプロセスはアンチヒューズ材料を分離(または分裂または粉碎:disrupt)させ、そして2つの電極間にフィラメントを形成する。プログラムの前に

作を維持するために、提案されたアンチヒューズ材料層は、通常、比較的高い容量形態には十分な薄さである。これは、デバイス上の動作速度に限界を生じうる。というのは、一つのライン上のアンチヒューズが、並列接続したコンデンサとして機能し、非プログラムされたアンチヒューズの個々の電気容量の合計がデータ信号を遅くする望ましくないこととなるからである。最後に、基板アンチヒューズは多くのチップ領域を消費する。

## 【0007】

第2のタイプのアンチヒューズは、金属-金属間のアンチヒューズと言われ、その下側の電極としての半導体基板の上に配置され、またそこから絶縁される第1の金属層を持ち、その上側の電極としての第2の金属層、および第1および第2の金属層の間にサンドイッチされたアンチヒューズ材料層を持つ。アンチヒューズ材料層は、下側および上側の金属相互接続層から自身を分離する1つ以上のバリア金属層に伴われることが可能である。金属-金属間のアンチヒューズの多数の構造が当技術分野で知られている。例示的かつ非包括的な金属-金属間のアンチヒューズがForouhiらによる特許文献3に示されている。

## 【0008】

プログラムされた金属-金属間のアンチヒューズの電気抵抗は、通常、プログラムされた基板レベルのアンチヒューズより遥かに小さい。金属-金属間のアンチヒューズのプログラムの際には、アンチヒューズの近傍における金属化層(メタライズ層、金属被覆層)、アンチヒューズ材料、および金属化層に隣接する部分は分離あるいは溶解し、また金属化層からの金属が、物質移動および熱膨張による材料拡散、並びにシリコンの金属-金属間のアンチヒューズに特有の化学反応、を通して引き込まれ混ぜられることに起因して、アンチヒューズ材料層を通して導電性の接続を形成することになる。

## 【0009】

金属-金属間のアンチヒューズは、通常、アンチヒューズ材料としてアモルファスシリコンの層を使用するが、しかしながら、それらは、酸化物と窒化物層を、単独または多層結合で、あるいはアモルファスシリコンとの組み合わせで使用することもある。1つ以上の酸化物または窒化物の層をアンチヒューズ材料層と

アンチヒューズは2つの電極間に数ギガオーム程度の大きさの電気抵抗を呈し、そして開回路状態となると考えられる。プログラムプロセスは2つの電極間に数オームから数千オームの低インピーダンス接続を作る。プログラム電圧は数ボルトから約20ボルトの範囲である。

## 【0004】

電極が多く異なる導電層材料から選択され、またアンチヒューズ材料層が多く異なる絶縁材料から作られる状態で、アンチヒューズが製造されてきたことは、当技術分野で知られている。「ビア(via)」タイプ、半スタック(half stack; ハーフスタック)、全スタック(full stack; フルスタック)、導電性プラグ、および他の多数のバリエーションを含んだ、多くの様々なアンチヒューズ構造が提案されてきたことも知られている。

## 【0005】

アンチヒューズは一般に2つの種類に分けられる。第1のタイプのアンチヒューズは基板アンチヒューズと言われ、その下側の電極としての半導体基板、およびその上側の電極としての金属の層またはドーパされたポリシリコンにドーパ領域を持つ。アンチヒューズ材料は、通常、窒化ケイ素または二酸化ケイ素の1つ以上の層を有する。このようなアンチヒューズの例は、N+拡散層とポリシリコン(「ポリ」)層との間にサンドイッチされた酸化物-窒化物-酸化物(ONO)アンチヒューズ材料層(N+/ONO/ポリ)から作られる。このようなデバイスは、特許文献1および特許文献2に詳細に記載されている。この種類のアンチヒューズのために、コンタクトは2つの対応する導電性の金属線からN+拡散層と上側の電極まで作られなければならない。

## 【0006】

基板レベルのアンチヒューズにおけるよく知られた問題がある。推奨される誘電体材料のいくつかは複雑な製造技術を必要とし、またプログラムの際の信頼性が低い。いくつかのプログラムされたアンチヒューズは、高速回路での使用に対しそれを比較的不適にするような数百から数千オームオーダーの有限の抵抗を持ちうるし、また非常に多数の回路が同時にスイッチングするときには、大きな電力消費をもたらしうる。さらに、商業的に入手できる電圧での信頼性の高い動

して使用することを提案したアンチヒューズの例は、Mohsenらの特許文献4、Mohsenらの特許文献1、Handyらの特許文献5を含む。アモルファスシリコンをアンチヒューズ材料層として単独で、または1つ以上の酸化物が窒化物の層との組み合わせで使用することを提案したアンチヒューズの例は、McCoilunらの特許文献6、Husherらの特許文献7、Forouhiらの特許文献8、Forouhiらの特許文献3、Gordonらの特許文献9を含む。

## 【0010】

アンチヒューズ電気容量は、上述したように、金属-金属間のアンチヒューズに対しても問題である。アモルファスシリコンアンチヒューズは、比較的厚いアンチヒューズ層を提供することによってこの問題を軽減するが、しかしながら、アモルファスシリコンアンチヒューズは、比較的高いリーク電流を示す。他のアプローチは、電極とアモルファスシリコンアンチヒューズ材料の間に漏れバリア(leakage barrier)を形成することであった。堆積(蒸着)された二酸化ケイ素または窒化ケイ素の薄い層が使われた。この層があまりに薄いならば、効果的なバリアとはならないであろうし、あまりに厚いならば、それはアンチヒューズのプログラム電圧をかなり上げることになるだろう。

## 【0011】

プログラムされたアンチヒューズにわたって過度の電流がかけられるという特定の条件下で、導電性の接続が開路するか、または非導電性になってしまうという現象をシリコンの金属-金属間のアンチヒューズが示す、ということが知られている。この不良モードは、アンチヒューズの読み取り状態の時に過度の寄生電流が発生するので、一般に「リードディスタ urb( read disturb: 読み取り阻害)」として知られている。

## 【0012】

リードディスタ urbに寄与する1つの要因は、アルミニウムの電子移動に起因して、アンチヒューズ導電接続においてかなりの量アルミニウムが存在することである。様々な材料と様々な厚さのアンチヒューズ材料層へのアルミニウム流れをブロックする役割を果たす金属バリア層が提案された。バリア材料は、アルミニウムとアモルファスシリコンの間であって、本質的に、プログラムされたアン

チヒューズ中に導電性フィラメントを形成するすべての導電材料を提供する。このようなバリア金属接続材料を形成したアンチヒューズは、さらなる流れに耐え、バリア金属接続材料なしに形成されたアンチヒューズよりも高い信頼度を持つことができる。

#### 【0013】

この問題を克服する他の方法は、アンチヒューズ材料の組成を変えることである。例えば、アモルファスシリコンアンチヒューズ層を、より低いリーク電流とより高い破壊電圧を持った酸化物、窒化物、または酸化物と窒化物の組み合わせのような、他の低温の誘電体に置き換える。従って、同じ破壊電圧の要求を維持するため、アンチヒューズ誘電体の厚さは減少しなければならない。しかしながら、アンチヒューズ材料層の厚さを減らすことは、非プログラム状態でのアンチヒューズの電気容量の増加をもたらす。この増加した電気容量は製品の速度(product speed)に否定的な影響を与える。

#### 【0014】

アモルファスシリコンと置き換えて、リードディスタープ現象やアモルファスシリコンの金属-金属間のアンチヒューズに関連した他の問題を低減するために、シリコンカーバイド(SiC:シリコン炭化物、炭化ケイ素)およびアモルファス炭素のような、アモルファスシリコンよりも硬く高密度な他の材料が提案された。望ましいプログラム電圧において、そして最小の電気容量でこれらの材料を使用することは重要である。

#### 【0015】

アモルファス炭素がリードディスタープ現象をかなり解決することが示された。アモルファス炭素をアンチヒューズ材料層として用いることにおける1つの問題は、金属電極に付着することができないということであった。通常、薄膜の界面におけるイオンの結合、材料間の化学反応により新しい材料がもたらされる金属結合、または表面のくぼみや突起上に掛かっている堆積膜に起因して付着が起こる状況であるところの機械的な付着、のいずれかが存在するので、薄膜デバイスにおける層の付着が起こる。

【特許文献1】米国特許第4,823,181号明細書

素、のうち少なくとも1つを有するグループから選択されたアンチヒューズ材料層が、下側の付着力促進層の上に配置される。上側の付着力促進層がアンチヒューズ材料層の上に配置される。上側のTiバリア層が上側の付着力促進層の上に配置される。

【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0019】

当技術分野の当業者ならば、以下の本発明の説明が単に例示であって、全く限定的なものでないことを理解するであろう。本発明の他の実施形態は、そのような当業者に対してそのこと自体を容易に示唆するであろう。

#### 【0020】

図1において、本発明による再プログラム可能なアンチヒューズ10を断面図で全体的に示す。再プログラム可能なアンチヒューズ10は、下側の金属相互接続層12と上側の金属相互接続層14の間に配置される。下側の金属相互接続層12と上側の金属相互接続層14は、半導体基板16および介在している絶縁層18の上に配置される。アンチヒューズ10は、下側のTiバリア層20、Si<sub>x</sub>C<sub>y</sub>およびSi<sub>x</sub>N<sub>y</sub>を有するグループから選択された材料からなる下側の付着力促進層22、アモルファス炭素、または、水素およびフッ素の少なくとも1つによりドーピングされたアモルファス炭素、から形成されたアンチヒューズ材料層24、Si<sub>x</sub>C<sub>y</sub>およびSi<sub>x</sub>N<sub>y</sub>を有するグループから選択された材料からなる上側の付着力促進層26、および上側のTiバリア層28を有する。下側および上側の付着力促進層22および26は、それぞれ、アンチヒューズ材料層20と、下側および上側のそれぞれのTiバリア層20および28の間の付着力を提供するために使用されている。

#### 【0021】

本発明によれば、付着力促進層22と26は電気容量を最小化し、アンチヒューズ10のスイッチング性能を劣化させる効果はほとんどない。付着力促進層22と26のための材料は、好ましくは、x対yの比を約1+/-0.4とするシリコンカーバイド(Si<sub>x</sub>C<sub>y</sub>)である。x対yの比に応じて、SiC層の誘電率は約4から約6の範囲となる。付着力促進層22と26は、アンチヒューズ材

【特許文献2】米国特許第4,881,114号明細書

【特許文献3】米国特許第5,272,101号明細書

【特許文献4】米国特許第4,543,594号明細書

【特許文献5】米国特許第4,899,205号明細書

【特許文献6】米国特許第5,070,384号明細書

【特許文献7】米国特許第5,171,715号明細書

【特許文献8】米国特許第5,181,096号明細書

【特許文献9】米国特許第5,196,724号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

#### 【0016】

薄膜デバイスの材料がお互いに付着していないとき、「のり」層が使用されなければならない。アモルファス炭素ベースのアンチヒューズデバイスでは、適切なのり層材料が金属電極とアモルファス炭素アンチヒューズ材料層の両方に付着しなければならないため、のり層材料を見付けるのは難しい問題である。同時に、使用されるのり層の付着材料はアンチヒューズのプログラム特性および電気容量特性に最小の影響を与えるべきである。

#### 【0017】

従来技術のアンチヒューズに共通な他の1つの特徴は、通常、それらがたった1回だけプログラム可能であったということ、つまり、2つのアンチヒューズ電極間の低抵抗接続を作るといふプログラムのメカニズムが、不可逆であったということである。一旦アンチヒューズがプログラムされると、永久的な低抵抗接続となる。アンチヒューズの制御可能な再プログラムは到達し難い目標であった。

【課題を解決するための手段】

#### 【0018】

再プログラム可能な金属-金属間のアンチヒューズが、集積回路における2つの金属相互接続層の間に配置される。下側のバリア層はTiから形成される。下側の付着力促進層が下側のTiバリア層の上に配置される。アモルファス炭素、または、水素およびフッ素の少なくとも1つによりドーピングされたアモルファス炭

素層24によって制御されるアンチヒューズ10の電気的特性に実質的に影響を与えるべきでなく、破壊電圧、アンチヒューズの電気容量または漏洩は約10パーセントを超えて変化しないようにし、そのため好ましくはかなり薄い。

#### 【0022】

そのようなものとして、付着力促進層は22と26は、付着力促進層22と26のための厚さに約20Åから約200Åの範囲を与える1原子から数原子分の厚さでありうる。20Åの厚さを持った層が平均の材料層厚さを代表することを理解すべきである。例えば、個々の単原子層の間に十分なスペースがあり得、まばらに高密度な単原子層では、測定された厚さはまばらに間隔をあけた原子の平均厚さを与える。Si<sub>x</sub>C<sub>y</sub>は、当技術分野の当業者によく知られているPECVD技法を使用して蒸着(堆積)できる。

#### 【0023】

アンチヒューズ10の電気容量を決定することに関しては、付着力促進層22、アンチヒューズ材料層24および付着力促進層26を含む構造の電気容量は、層22、24および26の全直列電気容量である。Si<sub>x</sub>C<sub>y</sub>の20Åストローム層、約2.5から約4の誘電率を持ったアモルファス炭素の100Åストローム層、およびSi<sub>x</sub>C<sub>y</sub>の20Åストローム層を含む構造は約4の誘電率を持つことになり、そして、Si<sub>x</sub>C<sub>y</sub>の20Åストローム層、アモルファス炭素の100Åストローム層、およびSi<sub>x</sub>C<sub>y</sub>の20Åストローム層を含む構造は約5.5の誘電率を持つことになる。

#### 【0024】

x対yの比が約0.75+/-0.225である窒化ケイ素(Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、シリコン窒化物)もまた本発明による付着力促進層22と26として使用できる。Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub>は、当技術分野の当業者によく知られているPECVD技法を使用して蒸着(堆積)できる。Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub>層の誘電率は約6から約8の範囲になり、上述のSi<sub>x</sub>C<sub>y</sub>/アモルファス炭素/Si<sub>x</sub>C<sub>y</sub>の3層構造の材料層厚さに匹敵する材料層厚さを持ったSi<sub>x</sub>N<sub>y</sub>/アモルファス炭素/Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub>の3層構造に対する誘電率は、Si<sub>x</sub>C<sub>y</sub>/アモルファス炭素/Si<sub>x</sub>C<sub>y</sub>の3層構造に対

する誘電率より高くなる。

【0025】

x対y対zの比が(1:1:1)±0.4のいずれかの比であるようなSixCyNxもまた本発明による付着力促進層22と26として使用できる。SixCNは当技術分野の当業者によく知られているPECVD技法を使用して蒸着(堆積)できる。SixN層の誘電率は約4から約8の範囲であり得、上述のSixC/アモルファス炭素/SixCy構造の材料層厚さに匹敵する材料層厚さを持ったSixCN/アモルファス炭素/SixCN構造に対する誘電率は、SixCy/アモルファス炭素/SixCy構造に対する誘電率より高くなる。

【0026】

アンチヒューズ材料層24は、アモルファス炭素、または、水素および/またはフッ素によりドーパされたアモルファス炭素から形成できる。アンチヒューズ材料層24の厚さは、約3Vから約20Vの破壊電圧に対して約50オングストロームから約500オングストロームの範囲を有する。アンチヒューズ材料層24の厚さは、好ましくは、5Vの破壊電圧に対して約100オングストロームから約500オングストロームである。アンチヒューズ材料層24が水素によりドーパされたアモルファス炭素から形成されるとき、水素ドーピングは約1原子百分率から約40原子百分率とすべきである。アモルファス炭素、およびその組み合わせは、ソースガス、好ましくはアセチレンガス(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)によって処理される。

【0027】

図2Aおよび図2Bは、本発明による再プログラム可能な金属-金属間のアンチヒューズ構造30の金属プラグの実施形態を示す断面図を表す。図2Aおよび図2Bに示す実施形態において、基板32は絶縁層34と金属相互接続層36によって覆われる。当技術分野の当業者ならば、図2Aと2Bが単に例示であって、金属相互接続層36は、必ずしも多層の集積回路における第1の金属相互接続層である必要はない、ということを理解するであろう。

【0028】

例えば、約400ナノメートル(nm)から約1000nmの範囲の厚さを持つ

酸化ケイ素のような絶縁材料から形成され、図2Aでは、ハードマスク層はWから形成される。

【0032】

図2Aおよび図2Bの両方において、堆積された二酸化ケイ素の絶縁層で約100nmから約200nmの厚さを持っている絶縁層54は、下側の付着力促進層44、アンチヒューズ材料層46、上側の付着力促進層48、およびバリア金属層50を含む構造の上に形成される。図2Bでは、金属相互接続層56が絶縁層54の上に配置され、そしてハードマスク酸化物層52と絶縁層54を通して形成されたビアによってバリア金属層50に接触する。図2Aでは、金属相互接続層56が絶縁層54の上に配置され、そして絶縁層54を通して形成されたビアによってWハードマスク層52の上側の表面に接触する。当技術分野の当業者によって理解されるように、ハードマスク層が導電材料から形成されるので、ハードマスク層52を通したいかなるエッチング工程も、図2Aに示した実施形態において必要ではない。

【0033】

ハードマスク層52はパターン化されエッチングされて、アンチヒューズの「スタック」を形成するバリア金属層50、上側の付着力促進層48、アンチヒューズ材料層46、および下側の付着力促進層44をエッチングするとき、エッチングマスクとして機能することになるハードマスクを形成する。次のフォトリソ除去ステップがあれば必ず有機材料に対して影響のあるエッチング液を使用することになるので、このようなマスクがフォトリソマスクの代わりに使われる。このようなエッチング液は炭素アンチヒューズ材料層46の露出した側端を攻撃してしまう。

【0034】

二酸化ケイ素がハードマスク層52として使用される場合、それはアンチヒューズ材料層46がフォトリソストリッピング工程の時に除去されることから保護する。その代わりに、TiはWに対し高い選択比を持っているので、約25nmから約50nmの範囲のPVD Wの薄い層は、バリア金属層48をエッチングするためにハードマスク層52として使用することもできる。酸化物またはWのハ

ル酸(堆積)された二酸化ケイ素から形成した絶縁層38は、金属相互接続層36の上側に配置され、また絶縁層38を貫通し、金属相互接続層36に電気的に連結されるビア(via)に形成されたタングステン(W)プラグ40を含む。当技術分野で知られているように、絶縁層38とWプラグ40の上側の表面は、上にアンチヒューズ30が作られる比較的平坦な面を提供するために平坦化される。その代わりに、Wプラグ40は、化学的/機械的研磨(CMP)のような技法を使用する平坦化を遂行するか、または平坦化後にプラズマ酸化エッチングを遂行することによって、図2Aおよび図2Bに図式的に示すように絶縁層38の表面の上から突出させることができる。

【0029】

Wプラグ40はアンチヒューズ30の下側の電極を形成する。図2Aおよび図2Bに示すように、約25nmから約200nmの厚さを持ったTiバリア金属層42は、Wプラグ40の上に配置される。

【0030】

本発明によると、SixCy、SixNy、およびSixCNのいずれかから形成され、約2オングストロームから約20オングストロームの厚さを持つ下側の薄い付着力促進層44、あるいは上述したような他の適切な付着力促進層が、タングステンプラグ40の上に横たわる下側のTiバリア金属層42の上に配置される。アモルファス炭素、または水素によりドーパされたアモルファス炭素のアンチヒューズ材料層であって、約2.5nmから約1000nmの厚さを持つアンチヒューズ材料層46が、下側の付着力促進層44の上側に配置される。SixCy、SixNy、およびSixCNのいずれかから形成され、約2オングストロームから約20オングストロームの厚さを持つ下側の薄い付着力促進層48、あるいは上述したような他の適切な付着力促進層が、アンチヒューズ材料層44の上に配置される。

【0031】

約25nmから約200nmの厚さを持つ上側のアンチヒューズ電極を形成するTiバリア金属層50が、付着力促進層48の上に配置される。ハードマスク層52がバリア金属層48の上に堆積される。図2Bでは、ハードマスク層は二

ードマスクは、高い選択比と、アモルファス炭素アンチヒューズ材料層44の誘電率や機械的特性に影響を与えずに金属をエッチングする能力とを提供する。

【0035】

図3Aから図3Eは、図2Aおよび図2Bのアンチヒューズを示す断面図であって、製造工程のうちから選んだ時点で存在する構造を示す。アンチヒューズ30の製造は、絶縁層38とWプラグ40を平坦化するのに使用されるよく知られた事前の処理工程の後に開始するので、図3Aは平坦化した絶縁層38とWプラグ40を製造工程に対する開始点として示される。

【0036】

図3Aの調査からわかるように、図2Aと図2Bのアンチヒューズ30は、絶縁層38の上とWプラグ40の露出した上面に下側のTiバリア層42を形成することによって、作られる。次に、付着力促進層44がTiバリア層42の上に形成される。付着力促進層44はアンチヒューズ材料層46の電気的特性に対する影響を最小にするために非常に薄くするべきである。そのようなものとして、付着力促進層44は、1原子から数原子分の厚さ範囲、すなわち約2オングストロームから約20オングストロームの範囲でありうる。SixCy、SixNy、またはSixCyNxのいずれかが付着力促進層44として使用される時、SixCy、SixNy、またはSixCyNxのいずれかは当技術分野の当業者によく知られているPECVD技法を使用して蒸着(堆積)できる。

【0037】

そして次に、アモルファス炭素または水素ドーパされたアモルファス炭素から形成されたアモルファス炭素層46が、当技術分野の当業者によく知られているPECVD技法を使用して、付着力促進層44の上に、約50オングストロームから約500オングストロームの範囲の厚さに蒸着(堆積)される。使用されたアンチヒューズ材料層の厚さが、最終的なアンチヒューズ30に対する望ましいプログラム電圧に依存することになる、ということが、当技術分野の当業者には理解されるであろう。

【0038】

次に、上側の付着力促進層48がアモルファス炭素アンチヒューズ材料層46の上に堆積される。付着力促進層48はアンチヒューズ材料層46の電気的特性に対する影響を最小にするために非常に薄くするべきである。そのようなものとして、付着力促進層48は、1原子から数原子分の厚さ範囲、すなわち約2オングストロームから約20オングストロームの範囲でありうる。 $\text{Si} \times \text{C}_y$ 、 $\text{Si} \times \text{N}_y$ 、 $\text{SiCN}$ のいずれかが付着力促進層48として使用される時、 $\text{Si} \times \text{C}_y$ 、 $\text{Si} \times \text{N}_y$ 、 $\text{SiCN}$ のいずれかは当技術分野の当業者によく知られているPECVD技法を使用して蒸着（堆積）できる。

#### 【0039】

次に、Tiバリア層50が、当技術分野の当業者によく知られているPVDスパッタリング技法を使用して、約25nmから約200nmの範囲の厚さに堆積される。それから、ハードマスク層52がバリア金属層50の上に堆積される。ハードマスク層52が二酸化ケイ素のような絶縁物から形成される場合、それは、約50nmから約400nmの範囲の厚さに、好ましくは約200nmに、例えば当技術分野の当業者によく知られているPECVD技法を使用して蒸着（堆積）できる。ハードマスク層52がWから形成される場合、それは、約25nmから約50nmの範囲の厚さに、当技術分野の当業者によく知られているPVDスパッタリング技法を使用して蒸着（堆積）できる。図3Aは、それらの処理工程が行なわれた後の結果としての構造を示す。

#### 【0040】

さて図3Bを参照すると、フォトリソグラフ層60が堆積され、そして従来のフォトリソグラフィ（写真製版）工程を使用してハードマスク層52の上にパターンが施される。それから、ハードマスク52は、その複合体に適切な従来の処理技術を使用してエッチングされる。図3Bは、それらの処理工程が行なわれた後の結果としての構造を示す。

#### 【0041】

さて図3Cを参照すると、次にフォトリソグラフ層60が剥離されて残りのパターン化されたハードマスク層52が露出される。ハードマスク層52は、アンチヒューズスタックを形成する下側のTiバリア層42、下側の付着力促進層44

知られているPECVD技術を使用して堆積（蒸着）される。

#### 【0044】

約2.5から約4の誘電率を持ったアモルファス炭素のアンチヒューズ材料層に対して、 $\text{Si} \times \text{C}_y$ の2オングストローム層、アモルファス炭素の100オングストローム層、および $\text{Si} \times \text{C}_y$ の2オングストローム層を含む3層構造は約5.5の誘電率を持つことになる。 $\text{Si} \times \text{C}_y$ /アモルファス炭素/ $\text{Si} \times \text{C}_y$ の3層構造の材料層厚さに匹敵する材料層厚さを持った $\text{Si} \times \text{N}_y$ /アモルファス炭素/ $\text{Si} \times \text{N}_y$ の3層構造に対する誘電率は、 $\text{Si} \times \text{C}_y$ /アモルファス炭素/ $\text{Si} \times \text{C}_y$ 3層構造に対する誘電率より高くなる。

#### 【0045】

本発明によるアンチヒューズは、本発明の方法により再プログラム可能である。これはプログラムされ、消去され、そして再プログラムされうる。当技術分野で知られているように、アンチヒューズは、電流の急激な上昇が検出されるまで、それにわたってプログラム電圧が印加されることによりプログラムされ、低い電気抵抗接続が電極間に確立されたことを示す。従来の技術アンチヒューズでのように、1回以上の「ソーク」サイクルが、当技術分野で知られているようにプログラム後のアンチヒューズに遂行されうる。

#### 【0046】

本発明によるアンチヒューズは100 $\mu\text{A}$ から1mAの低い電流においてプログラムされうる。低い電流において形成される接続は低い電気抵抗（500オームを下回る）を持つ。続くアンチヒューズ接続のソーキングは、最高5mAの高い電流によって行われ、さらに電気抵抗を低減し、そしてプログラムされた電気抵抗の配分を強固にする。

#### 【0047】

低い電流すなわち約1mA未満でプログラムされたアンチヒューズは、プログラム電流に比較して高い電流、すなわち約10:1のプログラム電流対消去電流の比で約10mAから約15mAを受けた時、元のオフ状態（高い電気抵抗状態）に消去される。他のケースは、接続が約1mA未満のプログラム電流で形成され、また約5mA未満でソークされる場合である。このケースはより高い電流、

アンチヒューズ材料層46、下側の付着力促進層48、および上側のTiバリア層50をエッチングするときに、エッチングマスクとして機能させるために残される。それから、アンチヒューズスタックは、従来の処理技術を使用してエッチングされる。図3Cは、それらの処理工程が行なわれた後の結果としての構造を示す。

#### 【0042】

図3Dおよび図3Eにおいて、約100nmから約200nmの厚さを持った二酸化ケイ素の絶縁層54が、例えば当技術分野の当業者によく知られているPECVD技法を使用して、下側の付着力促進層42、アンチヒューズ材料層44、上側の付着力促進層46、バリア材料層48、およびハードマスク50を含む構造の上に堆積される。図3Eでは、金属相互接続層56が絶縁層54の上に配置され、そしてハードマスク酸化物層52と絶縁層54を通して形成されたビアによってバリア金属層50に接触する。図3Dでは、金属相互接続層56が絶縁層54の上に配置され、そして絶縁層54を通して形成されたビアによってWハードマスク層52に接触する。金属相互接続層56は、PVDスパッタリングを使用して形成できる。ビアは、図3Eおよび図3Fでは従来の処理技術を使用して形成される。

#### 【0043】

付着力促進層はアンチヒューズの電気容量を最小化し、アンチヒューズのスイッチング性能を劣化させる効果はほとんどない。アンチヒューズ材料層の電気的特性に対する影響を最小にするために、付着力促進層は約2オングストロームから約20オングストロームの範囲で、非常に薄くしうる。付着力促進層のための材料は、好ましくはシリコンカーバイド（ $\text{Si} \times \text{C}_y$ ）である。 $x$ 対 $y$ の比に依存して、 $\text{Si} \times \text{C}_y$ 層の誘電率は約4から約6の範囲となる。本発明によれば、窒化ケイ素（ $\text{Si} \times \text{N}_y$ ）もまた付着力促進層として使用できる。 $x$ 対 $y$ の比に依存して、 $\text{Si} \times \text{C}_y$ 層の誘電率は約6から約8の範囲となる。 $x$ 対 $y$ 対 $z$ の比が（1:1:1）+/-0.4の比であるようなシリコン炭窒化物（ $\text{Si} \times \text{C}_y \text{N}_z$ ）もまた本発明による付着力促進層として使用できる。 $\text{Si} \times \text{C}_y \text{N}_z$ 層の誘電率は約4から約8の範囲となる。付着力促進層は当技術分野の当業者によく

すなわち約3:1を超える消去電流対ソーク電流の比で約15mAから約20mAのさらに高い消去電流を持つことになる。

#### 【0048】

プログラム電流に対するスイッチング電流（消去電流）の高い比は、信頼性のあるアンチヒューズを示す。プログラムされ、そして消去されたアンチヒューズは元のプログラム電圧に類似した電圧で再プログラムできる。さらに、消されたアンチヒューズは元のものと比較して類似しているが、幾分かさらに高い漏れ特性を持つことになる。

#### 【0049】

図4は、本発明による3サイクルのアンチヒューズのプログラムおよび消去を示した4つの曲線群である。図4の曲線は、ここで開示したような約300オングストロームの厚さを持ったアモルファス炭素アンチヒューズ層を有するアンチヒューズに対してプロットしたものである。図4の調査からわかるように、アンチヒューズは、実行された3つのプログラムサイクルに関して、約8.2ボルトから約8.5ボルトの範囲の電圧でプログラムした。当技術分野の当業者ならば、本発明によって製造されたアンチヒューズに対するプログラム電圧がアモルファス炭素アンチヒューズ材料層の厚さの関数となる、ということを理解するであろう。

#### 【0050】

アンチヒューズがプログラムされた後、それが含まれる回路は、プログラム電圧よりかなり低い電圧で動作しうる。図4に示したプログラムおよび消去特性を持ったアンチヒューズに対して、最大動作電圧は約0.75~2.5Vとすべきである。

#### 【0051】

また、図4に示すように、本発明のアンチヒューズは、それにある電圧（電位）を設定することによって消去されうる（高い電気抵抗の状態に戻る）。消去電圧がプログラム電圧より速かに低いということが見出された。図4に示した特性を持ったアンチヒューズの場合、実施された3回のプログラムサイクルに関して消去電圧が約3.4から約3.6ボルトの範囲で、消去電流が約20mA未満



であることが見出された。プローブチップ（通常のルーチン）における抵抗の欠如を伴って、消去電圧は約1V未満となる。印加電圧を説明すると次の通りである：すなわち、その電圧は回路抵抗に依存し、その状況でその電圧がアンチヒューズを消去するのに必要な消去電流を印加するように供給される。示した例は、テスト用装置のプローブチップにおいて250オームの抵抗を持ち、この抵抗はテスト準備での装前から起こりうる電流低下を防止するためのものである。従って、この例で示した印加電圧は直列の抵抗の結果であって、重要なパラメータではない。かけられた電流が重要なパラメータである。

#### 【0052】

さて、図5を参照すると、構成図は本発明の再プログラム可能なアンチヒューズで使うことのできる典型的なプログラム／消去サイクルを示している。まず、参照符号60に示すように、アンチヒューズはここで開示されたプログラムサイクルを受けさせられる。次に、参照符号62において、アンチヒューズはここで開示された消去サイクルを受けさせられうる。本発明の再プログラム可能なアンチヒューズが無制限再プログラムされるようなことはないで、消去サイクルが成功裏に成されたか、すなわちアンチヒューズが高い電気抵抗状態に戻されたかどうかを見るために、アンチヒューズは参照符号64においてチェックできる。もしアンチヒューズが成功裏に高い電気抵抗状態に戻されたならば、参照符号66に示すように再びプログラムされうる。もしアンチヒューズが成功裏に高い電気抵抗状態に戻されなかったならば、参照符号68に示すようにそれは消去されず、再プログラムできない、ということを示す。当技術分野の当業者によって理解されるように、参照番号60から68までの工程はお互い近接した時間に行うことができるが、必ずしもその必要はない。

#### 【0053】

本発明を模範的な実施形態を参照して説明してきたが、特許請求の範囲を逸脱しないで、種々の変更がなされ、また均等物をその要素に置き換えることができる、ということが、当技術分野の当業者によって理解されるであろう。例えば、付着力促進層のために開示されたいずれかの材料の混合物に酸素が含まれるということ、例えばSi<sub>x</sub>C<sub>y</sub>およびSi<sub>x</sub>N<sub>y</sub>に加えて、Si<sub>x</sub>O<sub>y</sub>C<sub>z</sub>および

ーズを示す断面図であって、本発明による製造工程のうちから選んだ時点での構造を示す。

【図4】本発明による3サイクルのアンチヒューズのプログラムおよび消去を示した4つの曲線群である。

【図5】本発明の再プログラム可能なアンチヒューズに使用可能な、典型的なプログラム／消去サイクルを示すブロック図である。

#### 【符号の説明】

#### 【0055】

- 10 アンチヒューズ
- 12、14 金属相互接続層
- 16 半導体基板
- 18 絶縁層
- 20 Tiバリア層
- 22 付着力促進層
- 24 アンチヒューズ材料層
- 26 付着力促進層
- 28 Tiバリア層
- 30 アンチヒューズ構造
- 32 基板
- 34 絶縁層
- 36 金属相互接続層
- 38 絶縁層
- 40 タングステン (W) プラグ
- 42 Tiバリア金属層
- 44 付着力促進層
- 46 アンチヒューズ材料層
- 48 付着力促進層
- 50 Tiバリア金属層
- 52 ハードマスク層

Si<sub>x</sub>O<sub>y</sub>N<sub>z</sub>、さらには開示された他の材料の類似する混合物が使用できる、ということが理解されるべきである。さらに、その本質的な範囲を逸脱しないで、この教示に対する特定の状態または材料を適合させるように多くの変形がなされうる。従って、本発明を実行するために意図した最良の形態として特別に開示した実施の形態に本発明が限定されず、本発明が添付の特許請求の範囲に入るすべての実施の形態を含むことになる、ということが意図される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0054】

【図1】本発明による再プログラム可能な金属-金属間のアンチヒューズを概略的に示す断面図である。

【図2A】3層の、薄い付着層/a-C/薄い付着層、の構造を使用した、本発明による再プログラム可能な金属-金属間のアンチヒューズ構造の第1の実施形態を示す断面図である。

【図2B】3層の、薄い付着層/a-C/薄い付着層、の構造を使用した、本発明による再プログラム可能な金属-金属間のアンチヒューズ構造の第2の実施形態を示す断面図である。

【図3A】図2Aおよび図2Bの再プログラム可能な金属-金属間のアンチヒューズを示す断面図であって、本発明による製造工程のうちから選んだ時点での構造を示す。

【図3B】図2Aおよび図2Bの再プログラム可能な金属-金属間のアンチヒューズを示す断面図であって、本発明による製造工程のうちから選んだ時点での構造を示す。

【図3C】図2Aおよび図2Bの再プログラム可能な金属-金属間のアンチヒューズを示す断面図であって、本発明による製造工程のうちから選んだ時点での構造を示す。

【図3D】図2Aおよび図2Bの再プログラム可能な金属-金属間のアンチヒューズを示す断面図であって、本発明による製造工程のうちから選んだ時点での構造を示す。

【図3E】図2Aおよび図2Bの再プログラム可能な金属-金属間のアンチヒューズを示す断面図であって、本発明による製造工程のうちから選んだ時点での構造を示す。

- 54 絶縁層
- 56 金属相互接続層
- 60 フォトリソグレイ

#### 【図1】

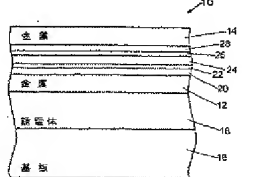


FIG. 1

#### 【図2A】

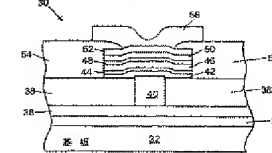


FIG. 2A

#### 【図3D】

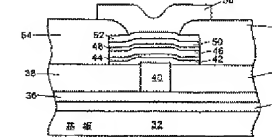


FIG. 3D

#### 【図3A】



FIG. 3A

#### 【図4】

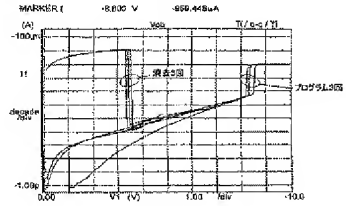


FIG. 4

#### 【図2B】

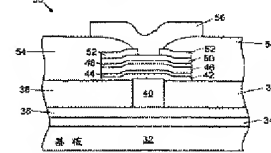


FIG. 2B

#### 【図3E】

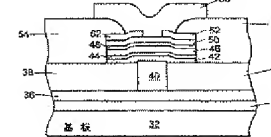


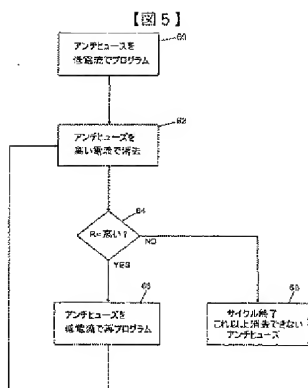
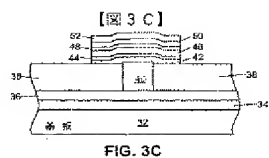
FIG. 3E

#### 【図3B】



FIG. 3B





## フロントページの続き

(81) 指定国 AP (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GO, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72) 発明者 エイ・ファーリド・イサク

アメリカ合衆国・カリフォルニア・95008・キャンベル・カブリ・ドライブ・1217

(72) 発明者 フランク・ホーレー

アメリカ合衆国・カリフォルニア・95008・キャンベル・カブリ・ドライブ・1360

(72) 発明者 ジョン・マッカラム

アメリカ合衆国・カリフォルニア・95070・サラトガ・メリブルック・ドライブ・19180

Fターム(参考) 5F033 HH18 HH19 JJ19 KK18 KK19 MM05 PP15 QQ08 QQ09 QQ10  
 QQ27 QQ28 QQ30 QQ35 QQ48 RR01 RR04 RR06 RR08 RR20  
 SS15 VV11 WW00 WW02 WW04 WW08 XX14  
 5F064 DD48 FF28 FF29 FF34 FF45 GG03 GG10

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US05/05749

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(7) : H01L 31/0256, 31/0312, 29/00, 23/48

US CL : 257/76, 77, 529, 530, 751, 774

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 257/76, 77, 529, 530, 751, 774

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5,181,096 (Forouli) 19 January, 1993 (19.01.1993), figure 1, column 4, line 10 to column 5, line 66.	1-46
Y	Liu et al., A new metal to metal antifuse with amorphous carbon, IEBE Electron Device Letters, 1998, Vol. 19, No. 9, pages 317-319.	1-46
Y	US 5,789,764 (McCollum) 4 August 1998 (04.08.1998), figure 7C, column 9, lines 41-55	23-24, 27-32
Y	US 6,583,953 (Han et al.) 24 June, 2003 (24.06.2003), column 4, lines 21-24.	4-5, 9-10, 18-19, 25-26, 33

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"B" earlier application or patent published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

03 October 2005 (03.10.2005)

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450  
Facsimile No. (703) 305-3230

Date of filing of the international search report

28 NOV 2005  
Authorized officer

Stephen Loke

Telephone No. 703-308-0956

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

